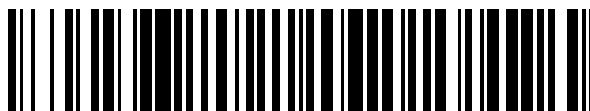


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 602 129**

51 Int. Cl.:

<b>B21C 23/08</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/42</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/10</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/44</b>	(2006.01)
<b>C22C 19/05</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/40</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/58</b>	(2006.01)		
<b>C22F 1/00</b>	(2006.01)		
<b>C22F 1/10</b>	(2006.01)		
<b>C21D 9/08</b>	(2006.01)		
<b>C21D 9/14</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.06.2009 PCT/JP2009/060229**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.12.2009 WO09150989**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.06.2009 E 09762419 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016 EP 2314392**

54 Título: **Proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación**

30 Prioridad:

**13.06.2008 JP 2008155808**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**17.02.2017**

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)  
6-1, Marunouchi 2-chome  
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**MURAKAMI HIROAKI;  
YAMAKAWA TOMIO;  
DOUHARA TADASHI y  
SAGARA MASAYUKI**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 602 129 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN****Título de la invención**

Proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a un proceso de extrusión en caliente para producir un tubo a partir de una palanquilla hueca de alta aleación por medio de un proceso de fabricación de tubos con extrusión en caliente. Más en particular, la presente invención se refiere a un proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación por medio de extrusión en caliente sin generar agrietamiento y/o de defectos de soldadura por el uso de un material de partida a extruirse hecho de una alta aleación que tiene una alta resistencia a la deformación.

**10 Antecedentes de la técnica**

En los últimos años, las condiciones de servicio para los tubos de pozos de petróleo y tubos de las calderas son cada vez mucho más hostiles. Por esta razón, los requisitos de los tubos sin soldadura a utilizarse por lo tanto se están volviendo más rigurosos. Por ejemplo, se requiere que los tubos de pozos de petróleo utilizados para pozos de petróleo más profundos y entornos más corrosivos tengan una mayor resistencia y mejor resistencia a la

15 corrosión. Por otra parte, se requiere que los tubos utilizados en las instalaciones de generación de energía nuclear, plantas químicas, y similares sean excelentes en la resistencia a la corrosión, en particular en la resistencia al agrietamiento de corrosión por tensión en agua pura a alta temperatura o iones de cloro que contienen agua caliente (Cl<sup>-</sup>). A partir de estos requisitos, se aplica un tubo sin soldadura hecho de una alta aleación que contiene una gran cantidad de Cr y Ni, y también Mo similar al acero de EP 2127767.

20 Por ejemplo, el Documento de Patente 1 describe una aleación de alto Cr-alto Ni que contiene Cr: 20 a 35%, Ni: 25 a 50%, Cu: 0,5 a 8,0%, Mo: 0,01 a 3,0% y sol. Al: 0,01 a 0,3% y en la que los contenidos de Cu y Mo satisfacen una relación representada por: % de Cu  $\geq 1,2 - 0,4(\% \text{ de Mo} - 1,4)^2$ , como una alta aleación para tubos sin soldadura que tienen una alta resistencia y son excelente en la resistencia a la corrosión y la manejabilidad en caliente, con los tubos sin soldadura utilizados para pozos profundos y pozos de petróleo o pozos de gas (de aquí en adelante, denominados simplemente "pozos de petróleo") en entornos corrosivos severos.

25 Como proceso para producir tubos sin soldadura, se emplean procesos en los que se utiliza una palanquilla como material de partida de alta aleación a extruirse para fabricar un tubo de alta aleación por medio de la aplicación de un laminado en caliente tal como un proceso de fabricación de tubos con extrusión en caliente representado por el proceso de Ugine-Sejournet o similar, y el proceso de fabricación de tubos de Mannesmann.

30 La Figura 1 es una vista en sección para describir un proceso de fabricación de tubos con extrusión en caliente utilizado para producir un tubo sin soldadura. Se coloca una palanquilla 8 con un agujero pasante a lo largo de la línea central longitudinal (en la presente memoria descriptiva, denominada simplemente una "palanquilla hueca" o una "palanquilla") en un recipiente 6, y se monta una matriz 2 de manera separable a un extremo del recipiente 6 por medio de la intervención de un portamatrices 4 y un soporte de la matriz 5. Se inserta un mandril 3 en el

35 agujero pasante de la palanquilla 8, y se dispone un bloque de reposo 7 en la superficie de extremo trasera del mismo.

En tal configuración, cuando el bloque de reposo 7 se presiona en la dirección de una flecha blanca por medio del accionamiento de un vástago que no se muestra, se recalca la palanquilla hueca 8 y luego se extruye desde el espacio anular formado por la superficie interna de la matriz 2 y la superficie externa del mandril 3, lo que produce

40 un tubo sin soldadura que tiene un diámetro exterior correspondiente al diámetro interior de la matriz 2 y un diámetro interior correspondiente al diámetro exterior del mandril 3. En la producción del tubo sin soldadura, se coloca un lubricante de disco de vidrio hueco 1 entre la matriz 2 y la palanquilla hueca 8 con el fin de lubricar entre la superficie interna de la matriz 2 y la superficie de extremo frontal y la superficie externa de la palanquilla hueca 8.

Además del Documento de Patente 1, la técnica anterior en la que se aplica un proceso de extrusión en caliente a la producción de tubos de alta aleación incluye lo siguiente. El Documento de Patente 2 describe que una palanquilla hecha de una aleación en la que se especifican los contenidos de Cr, Mo, W y similares se ha sometido a un procesamiento de extrusión en caliente para formar un tubo vacío que tiene un diámetro exterior de 60 mm y un espesor de pared de 4 mm, que luego se ha sometido a un tratamiento térmico y trabajo en frío para producir, para una evaluación de prueba, un tubo de aleación excelente en la resistencia al agrietamiento de corrosión por

45 tensión. El Documento de Patente 3 describe que una aleación en la que se especifican los contenidos de Cr, Ni, Mo, Al, Ca, S, O, y similares se ha sometido a un proceso de fabricación de tubos con extrusión en caliente para producir un tubo vacío. El Documento de Patente 1 también describe que la palanquilla hecha de la aleación de alto Cr-alto Ni anterior se ha utilizado para formar un tubo que tiene un diámetro de 60 mm y un espesor de pared de 5 mm por medio de la fabricación de tubos por extrusión en caliente representado por el proceso de Ugine-Sejournet.

50

55

Sin embargo, los Documentos de Patente de acuerdo con lo descrito con anterioridad únicamente describen que se

ha llevado a cabo la extrusión en caliente, y ningún documento describe los hallazgos en los que el calor producido por el procesamiento, ocurrido durante la extrusión en caliente de una aleación que tiene una alta resistencia a la deformación, se toma en consideración, con respecto a la supresión del agrietamiento y/o defectos de soldadura producidos por fusión por borde de grano.

5 **Listas de referencias**

**Documento de patente**

Documento de Patente 1: Solicitud de patente japonesa

Publicación Núm. 11-302801 (reivindicaciones, y párrafos [0009] a [0012], y [0047])

Documento de Patente 2: Solicitud de patente japonesa

10 Publicación Núm. 58-6927 o US4421571 (reivindicaciones, y de la línea 13 en la columna izquierda inferior a la línea 10 en la columna derecho superior de la página 7)

Documento de Patente 3: Solicitud de patente japonesa Publicación Núm. 63-274743 (reivindicaciones, y de la línea 6 en la columna de inferior derecha de la página 5 a la línea 12 en la columna izquierda superior de la página 6)

15 **Compendio de la invención**

**Problema técnico**

De acuerdo con lo descrito con anterioridad, la resistencia a la deformación de una alta aleación tal como una aleación de alto Cr-alto Ni es muy alta como de aproximadamente dos a tres veces la de, por ejemplo, S45C, a la misma temperatura, y el grado del aumento de la temperatura en el interior de la pared del tubo se intensifica por calor producido por el procesamiento durante la extrusión. En las técnicas extrusión en caliente convencionales, el aumento de la temperatura durante la extrusión provoca agrietamiento de fusión por borde de grano dentro de la pared del tubo, que aparece como el defecto de soldadura en una superficie periférica interior del tubo, lo que causa un problema tal como la generación de productos defectuosos con frecuencia.

25 La presente invención se ha realizado a la luz de los problemas descritos con anterioridad, y el objetivo de la presente invención es proporcionar un proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación por medio de extrusión en caliente sin generar agrietamiento y/o de defectos de soldadura por el uso de un material de partida a extruirse hecho de una alta aleación que tiene una alta resistencia a la deformación.

**Solución al problema**

30 Con el fin de solucionar el problema anterior, los presentes inventores han investigado un proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación que puede evitar la generación de agrietamiento y/o defectos de soldadura durante extrusión en caliente por el uso de un material de partida a extruirse hecho de una alta aleación que tiene una alta resistencia a la deformación, y han completado la presente invención por medio de la obtención de los principales hallazgos (a) a (c) que se describen a continuación.

35 (a) Existe una correlación entre el área de sección transversal del material de partida a extruirse hecho de una alta aleación tal como una aleación de alto Cr-alto Ni que tiene una alta resistencia a la deformación y la tasa de ocurrencia de los defectos de la superficie interna de un tubo extruido resultante de calor producido por el procesamiento, y la tasa de ocurrencia de los defectos de la superficie interna aumentan con el aumento del área de sección transversal del material de partida a extruirse. Esta relación se obtiene porque el grado del aumento de la temperatura dentro de la pared del tubo aumenta con el aumento del área de sección transversal del material de partida a extruirse, lo que da lugar a la ocurrencia de agrietamiento de fusión por borde de grano dentro de la pared del tubo por el aumento de la temperatura durante la extrusión, que aparece como defectos de soldadura en la superficie periférica interior del tubo. Además de esto, el grado del aumento de la temperatura dentro de la pared del tubo de acuerdo con lo descrito con anterioridad aumenta también por el aumento de la velocidad de extrusión y el aumento de la proporción de extrusión, y también por el aumento de la resistencia a la deformación.

45 (b) Por lo tanto, es posible suprimir el aumento de la temperatura dentro de la pared del tubo debido al excesivo calor producido por el procesamiento y evitar la ocurrencia de defectos de soldadura en la superficie periférica interior del tubo resultantes de agrietamiento de fusión por borde de grano, por medio del control de la temperatura de calentamiento del material de partida a extruirse hecho de una alta aleación que tiene una alta resistencia a la deformación dependiendo de las condiciones de extrusión tales como el área de sección transversal del material de partida a extruirse, la velocidad de extrusión, y la proporción de extrusión.

50 (c) Cuando una alta aleación contiene Mo y W, la resistencia a la deformación del material de partida a extruirse se vuelve mucho más alta para de ese modo aumentar el calor producido por el procesamiento. Por lo tanto, es necesario formular las condiciones de la temperatura de calentamiento por el uso del área de sección transversal

del material de partida a extruirse, la velocidad de extrusión, y la proporción de extrusión de acuerdo con los contenidos de Mo y W representada por  $(Mo + 0,5W)$ , y controlar la temperatura de calentamiento del material de partida a extruirse dentro del intervalo que satisface tales expresiones condicionales.

5 La presente invención se ha completado sobre la base de los hallazgos de acuerdo con lo descrito con anterioridad, y el punto esencial de la misma consiste en un proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación que se describe en la siguiente enumeración (1) a (8).

10 (1) Un proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación, en el que un material de partida a extruirse hecho de una alta aleación contiene, en % en masa, Cr: 20 a 30% y Ni: más de 22% y 60% o menos se calienta a una temperatura predeterminada de acuerdo con los contenidos de Mo y W y se somete a extrusión en caliente, la temperatura de calentamiento (T) satisface la relación de la Fórmula (1), (2), o (3) como a continuación, que se expresa en términos del área de sección transversal promedio (A) del material de partida a extruirse, la proporción de extrusión (EL), y la velocidad de extrusión (V).

Cuando  $0\% \leq Mo + 0,5W < 4\%$ ,

$$T \leq 1343 - 0,001322 \times A - 1,059 \times EL - 0,129 \times V \dots (1);$$

15 cuando  $4\% \leq Mo + 0,5W < 7\%$ ,

$$T \leq 1316 - 0,001322 \times A - 1,059 \times EL - 0,129 \times V \dots (2); \text{ y}$$

cuando  $7\% \leq Mo + 0,5W$ ,

$$T \leq 1289 - 0,001322 \times A - 1,059 \times EL - 0,129 \times V \dots (3),$$

en donde A y EL en las Fórmulas (1) a (3) se determinan por las siguientes Fórmulas (4) y (5):

20  $A = \pi \times t_0 \times (d_0 - t_0) \dots (4); \text{ y}$

$$EL = L_1/L_0 \dots (5).$$

Aquí, cada uno de los símbolos en las Fórmulas (1) a (5) anteriores representa la siguiente cantidad:

Mo: Contenido de Mo en el material de partida a extruirse (% en masa),

W: Contenido de W en el material de partida a extruirse (% en masa),

25 T: Temperatura de calentamiento del material de partida a extruirse (°C),

A: Área de sección transversal promedio del material de partida a extruirse (mm<sup>2</sup>),

EL: Proporción de extrusión (-),

V: Velocidad de extrusión (mm/s),

d<sub>0</sub>: Diámetro exterior promedio del material de partida a extruirse (mm),

30 t<sub>0</sub>: Espesor de la pared promedio del material de partida a extruirse (mm),

L<sub>0</sub>: Longitud del material de partida a extruirse (mm), y

L<sub>1</sub>: Longitud del tubo extruido (mm).

(2) El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación de acuerdo con (1), en donde la temperatura de calentamiento del material de partida a extruirse es 1130°C o más.

35 (3) El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación de acuerdo con (1) o (2), en donde la extrusión se lleva a cabo con la condición de que la velocidad de extrusión promedio desde el comienzo de la extrusión hasta la terminación de la misma se encuentre en el intervalo de 80 mm/s o más a 200 mm/s o menos.

(4) El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación de acuerdo con cualquiera de (1) a (3), en donde la proporción de extrusión es 10 o menos.

40 (5) El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación de acuerdo con cualquiera de (1) a (4), en donde la longitud del material de partida a extruirse es 1,5 m o menos.

(6) El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación de acuerdo con cualquiera de (1) a (5), en donde la temperatura de la superficie externa del material de partida a extruirse es 1000°C o más.

5 (7) El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación de acuerdo con cualquiera de (1) a (6), en donde el material de partida a extruirse contiene, en % en masa, C: 0,04% o menos, Si: 1,0% o menos, Mn: 0,01 a 5,0%, P: 0,03% o menos, S: 0,03% o menos, Ni: más de 22% y 60% o menos, Cr: 20 a 30%, Cu: 0,01 a 4,0%, Al: 0,001 a 0,30%, N: 0,005 a 0,50%, y en forma opcional uno o dos elementos seleccionados de un grupo que consiste en Mo: 11,5% o menos y W: 20% o menos, el equilibrio es Fe e impurezas.

(8) El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación de acuerdo con (7), en donde el material de partida a extruirse contiene en lugar de una parte de Fe, en % en masa, uno o más elementos seleccionados de un grupo que consiste en Ca: 0,01% o menos, Mg: 0,01% o menos, y metales de tierras raras: 0,2% o menos.

10 En la presente invención, una "alta aleación" significa una aleación de múltiples componentes que contiene Cr: 20 a 30 % en masa, Ni: más de 22 % en masa y 60 % en masa o menos, y en forma opcional uno o dos elementos seleccionados de un grupo que consiste en Mo y W, el equilibrio es Fe e impurezas. Además, los metales de tierras raras significan 17 elementos que incluyen Y y Sc además de 15 elementos lantánidos.

En la siguiente descripción de la presente memoria descriptiva, "%" representando el contenido del elemento de aleación significa "% en masa".

### 15 **Efectos ventajosos de la invención**

De acuerdo con el proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación de la presente invención, un material de partida a extruirse hecho de una alta aleación que tiene una alta resistencia a la deformación se calienta a una temperatura y se extruye, la temperatura de calentamiento se determina de acuerdo con los contenidos de Mo y W y satisface una expresión condicional de la temperatura de calentamiento en términos del área de sección transversal del material de partida a extruirse, la velocidad de extrusión, y la proporción de extrusión. Como resultado, es posible evitar la ocurrencia de defectos de soldadura en la superficie periférica interior del tubo resultantes de agrietamiento de fusión por borde de grano y producir un tubo sin soldadura de alta aleación que tiene buenas calidades de superficie interna.

### **Breve descripción de los dibujos**

25 [Figura 1] La Figura 1 es una vista en sección para describir un proceso de fabricación de tubos con extrusión en caliente utilizado para producir un tubo sin soldadura.

[Figura 2] La Figura 2 es una vista que muestra una relación entre el área de sección transversal de una palanquilla hueca y la tasa de ocurrencia de los defectos de la superficie interna de un tubo extruido.

### **Descripción de las realizaciones**

30 De acuerdo con lo descrito con anterioridad, el proceso de la presente invención es aquél para producir un tubo sin soldadura de alta aleación, en donde un material de partida a extruirse hecho de una alta aleación contiene Cr: 20 a 30% y Ni: más de 22% y 60% o menos se calienta a una temperatura predeterminada de acuerdo con los contenidos de Mo y W y se somete a extrusión en caliente, la temperatura satisface la relación representada por la fórmula (1), (2), o (3), que se expresa en términos del área de sección transversal promedio del material de partida a extruirse, la proporción de extrusión, y la velocidad de extrusión. De aquí en adelante, se describirán las razones de haber especificado el proceso de la presente invención de acuerdo con lo descrito con anterioridad y las realizaciones preferidas de la presente invención en detalle.

#### 1. Condiciones de la extrusión en caliente

##### 1-1. Condiciones de calentamiento del material de partida a extruirse

40 A continuación se describirá la razón de haber especificado la relación expresada con las fórmulas (1) a (3) en el proceso de la presente invención.

45 Por el uso de una alta aleación en donde la composición de los elementos principales de la misma es Ni: 52%, Cr: 22%, Mo: 10,3%, y W: 0,5%, se preparan los materiales de partida a extruirse, en los que se variaron el diámetro exterior promedio ( $d_0$ ) y el espesor de la pared promedio ( $t_0$ ). Estos materiales de partida a extruirse se calentaron a 1210°C y se sometieron a una prueba de extrusión en caliente para investigar una relación entre cada condición de prueba y la tasa de ocurrencia de los defectos de la superficie interna en los tubos extruidos.

La Tabla 1 muestra las condiciones de prueba y la tasa de ocurrencia de los defectos de la superficie interna en los tubos extruidos.

[Tabla 1]

Tabla 1

Dimensión del material de partida a extruirse		Dimensión del tubo extruido		Proporción de extrusión EL (-)	Tasa de ocurrencia de los defectos de la superficie interna (%)
Diámetro exterior promedio $d_0$ (mm)	Espesor de la pared promedio $t_0$ (mm)	Área de sección transversal promedio A ( $\text{mm}^2$ )	Diámetro exterior $d_1$ (mm)		
213	59,9	28811	109	9,5	2
213	57	27935	113	9	0
257,5	70	41233	132	19	12
257,5	80,2	44672	132	21	23
295,5	78,05	53319	191	28	25
295,5	68,45	48825	193	19	20
330	65	54114	193	25	22

En la Tabla 1, la "tasa de ocurrencia de los defectos de la superficie interna" se define como un valor, representado por el porcentaje (%), obtenido al dividir el número de tubos sin soldadura que tiene defectos resultantes de fusión por borde de grano en sus superficies internas, entre 500 a 1000 tubos sin soldadura producidos en la prueba de extrusión en caliente, por el número de tubos sin soldadura producidos total.

- 5 Sobre la base de los resultados que se muestran en la Tabla 1, la relación entre el área de sección transversal promedio de una palanquilla hueca y la tasa de ocurrencia de los defectos de la superficie interna de un tubo extruido se muestra en Figura 2.

Los siguientes hallazgos se obtuvieron a partir de los resultados de la Tabla 1 y la Figura 2.

- 10 (1) La tasa de ocurrencia de los defectos de la superficie interna en los tubos aumenta a medida que aumenta el área de sección transversal promedio del material de partida a extruirse. Esto es porque el grado del aumento de la temperatura dentro de la pared del tubo aumenta con el aumento de calor producido por el procesamiento, lo que da lugar a la ocurrencia de agrietamiento de fusión por borde de grano dentro de la pared del tubo por el aumento de la temperatura durante la extrusión, que aparece como defectos de soldadura en la superficie periférica interior del tubo.

- 15 (2) Además de lo anterior en (1), el grado del aumento de la temperatura dentro de la pared del tubo por el calor producido por el procesamiento se intensifica con el aumento de la velocidad de extrusión del material de partida a extruirse, con el aumento de la proporción de extrusión del mismo, y más con el aumento de la resistencia a la deformación del material de partida a extruirse.

- 20 (3) Con referencia a lo anterior en (1) y (2), es posible evitar el aumento de la temperatura dentro de la pared del tubo debido al excesivo calor producido por el procesamiento y evitar la ocurrencia de defectos en la superficie periférica interior del tubo resultantes del agrietamiento de fusión por borde de grano por medio del control de la temperatura de calentamiento del material de partida a extruirse hecho de una alta aleación de alto de Cr-alto Ni que tiene una alta resistencia a la deformación dependiendo de las condiciones de extrusión.

- 25 (4) Además, cuando una alta aleación contiene Mo y W, la resistencia a la deformación se intensifica aún más para aumentar el calor producido por el procesamiento. Por lo tanto, es necesario formular las condiciones de la temperatura de calentamiento por el uso del área de sección transversal del material de partida a extruirse, la proporción de extrusión, y la velocidad de extrusión de acuerdo con los contenidos de Mo y W representada por  $(Mo + 0,5W)$ , y controlar la temperatura de calentamiento del material de partida a extruirse dentro del intervalo que satisface las expresiones condicionales anteriores.

- 30 Las condiciones de calentamiento se formularon sobre la base de los hallazgos (1) a (4) anteriores y los resultados de los Ejemplos que se describen a continuación, y se obtuvieron las expresiones condicionales de la temperatura de calentamiento representadas por las fórmulas (1) a (3) anteriores.

Además, la temperatura de calentamiento del material de partida a extruirse es preferiblemente 1130°C o más. La razón es la siguiente.

- 35 Si una palanquilla como ser un material de partida a extruirse se extruye a una temperatura de calentamiento de menos de 1130°C, la temperatura de la superficie interna del tubo extruido después de la extrusión puede ser una temperatura inferior de 1000°C o menos por medio del enfriamiento de la palanquilla efectuado por una barra de mandril que es una herramienta de restricción de superficie interna. Como resultado, es probable que se produzca una gran cantidad de los defectos de la superficie interna en el tubo extruido debido a la reducción de la ductilidad del material del tubo. En adición, la carga durante la extrusión aumenta de manera significativa para aumentar el riesgo de causar daños a los equipos. Por lo tanto, la temperatura de calentamiento es preferiblemente 1130°C o más.

#### 1-2. Velocidad de extrusión promedio

- 45 La velocidad de extrusión promedio desde el comienzo de la extrusión hasta la terminación de la misma es preferiblemente 80 mm/s o más y 200 mm/s o menos. La razón es la siguiente.

- 50 Si la velocidad de extrusión promedio es menor que 80 mm/s, la productividad de los tubos extruidos puede reducirse para plantear un problema en el funcionamiento real. Por lo tanto, la velocidad de extrusión promedio es preferiblemente 80 mm/s o más. Por otra parte, si la velocidad de extrusión promedio aumenta a un nivel que excede 200 mm/s, se requiere una capacidad de equipos excesiva, lo que puede reducir la eficacia económica. Por lo tanto, la velocidad de extrusión promedio es preferiblemente 200 mm/s o menos.

1-3. La proporción de extrusión, y la longitud y la temperatura de la superficie externa de un material de partida a extruirse. La proporción de extrusión es preferiblemente 10 o menos. Esto es porque si la proporción de extrusión es tan alta como para exceder 10, los defectos de soldadura de la superficie interna resultantes de la fusión por

borde de grano pueden producirse a una frecuencia mayor debido a un aumento de calor producido por el procesamiento con un aumento de rendimiento.

La longitud del material de partida a extruirse es preferiblemente 1,5 m o menos. Esto es porque si la longitud del material de partida a extruirse excede 1,5 m, una palanquilla como el material de partida a extruirse se puede someter a pandeo o plegado durante la extrusión.

Además, la temperatura de la superficie externa del material de partida a extruirse (palanquilla) antes de la extrusión es preferiblemente 1000°C o más. Esto es porque si el material de partida a extruirse se extruye a una temperatura de la superficie externa de menos de 1000°C, pueden producirse más agrietamiento, defectos de soldadura y/o similares debido a reducción de la ductilidad del material del tubo.

## 2. Composición química del material de partida a extruirse hecha de alta aleación

Cr: 20 a 30%

Cr es un elemento eficaz para mejorar la resistencia a la corrosión de sulfuro de hidrógeno tipificada por la resistencia al agrietamiento de corrosión por tensión en el caso de la coexistencia de Ni. Sin embargo, si el contenido de Cr es menor que 20%, este efecto no puede lograrse. Por otra parte, si el contenido de Cr excede 30%, el efecto se satura, lo que es indeseable desde el punto de vista de la manejabilidad en caliente. Por lo tanto, el intervalo pertinente del contenido de Cr se define como 20 a 30%. El intervalo preferible del contenido de Cr es 22 a 28%.

Ni: más de 22% y 60% o menos

Nickel es un elemento que tiene una función de mejorar la resistencia a la corrosión de sulfuro de hidrógeno. Sin embargo, si el contenido es 22% o menos, puede no producirse una película de sulfuro de Ni de manera suficiente en la superficie externa de la aleación. Por lo tanto, el efecto de la incorporación de Ni no puede lograrse. Por otra parte, incluso si se incorpora Ni en un contenido de más de 60%, el efecto se satura. Por lo tanto, no se puede obtener el efecto de emparejamiento con el costo de la aleación, lo que de este modo reduce la eficacia económica. Por lo tanto, el intervalo pertinente del contenido de Ni se define como más de 22% y 60% o menos. El intervalo preferible del contenido de Ni es 25 a 40%.

Mo y W

Puede o no incorporarse Mo y W. Estos dos elementos son los que tienen una función de mejorar la resistencia a las picaduras, y para lograr el efecto, se pueden incorporar uno o dos seleccionados de Mo: 11,5% o menos y W: 20% o menos. El límite inferior preferido cuando se incorporan estos elementos es 1,5% en términos de (Mo + 0,5W). Incluso si estos elementos se incorporan en una cantidad más que necesaria, el efecto apenas se satura. Contener éstos en exceso reduce la manejabilidad en caliente de un material de partida a extruirse. Por lo tanto, Mo y W se incorporan preferiblemente en una cantidad en el intervalo de 20% o menos en términos de (Mo + 0,5W).

De acuerdo con lo descrito con anterioridad, los límites superiores preferidos de los contenidos de Mo y W se especifican como 11,5% para Mo y 20% para W. La razón es que si los contenidos de los elementos se encuentran dentro de estos límites, se puede garantizar la manejabilidad en caliente de un material de partida a extruirse. Esto es deseable.

Por otra parte, Mo y W puede intensificar la resistencia a la deformación de la alta aleación en la presente invención. Por lo tanto, cuando se incorporan estos elementos, el grado del aumento de la temperatura dentro de la pared del tubo se volverá mayor por medio del calor producido por el procesamiento durante extrusión en caliente. El aumento de la temperatura durante la extrusión provoca agrietamiento de fusión por borde de grano dentro de la pared del tubo, que aparece como defectos de soldadura en una superficie periférica interior del tubo, siendo susceptible de causar productos defectuosos. Por esta razón de acuerdo con lo descrito con anterioridad, en la presente invención, los límites inferiores de la temperatura de calentamiento de un material de partida a extruirse han sido especificados por las Fórmulas (1) a (3) de acuerdo con los contenidos de Mo y W de acuerdo con lo descrito con anterioridad.

C: 0,04% o menos

Si el contenido de C excede 0,04%, pueden formarse carburos de Cr en los bordes de granos de cristal de una alta aleación, lo que aumenta la susceptibilidad al agrietamiento de corrosión por tensión en los bordes de granos. Por esta razón, el contenido de C es preferiblemente 0,04% o menos, más preferiblemente 0,02% o menos.

Si: 1,0% o menos



Si es un elemento eficaz como desoxidante de una alta aleación y se puede incorporar en forma opcional. Sin embargo, si el contenido de Si excede 1,0%, la manejabilidad en caliente se puede reducir en forma opcional. Por lo tanto, el contenido de Si es preferiblemente 1,0% o menos, más preferiblemente 0,5% o menos.

Mn: 0,01 a 5,0%

- 5 Mn es un elemento eficaz como desoxidante de una alta aleación similar a Si descrito con anterioridad, y el efecto de Mn se puede obtener en un contenido de 0,01% o más. Sin embargo, si el contenido excede 5,0%, la manejabilidad en caliente tiende a reducirse. Además, cuando se incorpora N que es eficaz para aumentar la resistencia en una cantidad tan alto como 0,5%, es probable que se generen agujeritos cerca de la superficie de la aleación durante la solidificación después de la fusión. Por lo tanto, es preferible permitir que se incorpore Mn, que tiene el efecto en el aumento de la solubilidad de N, y el límite superior del contenido de Mn se especifica como 5,0%. Por esta razón, cuando se incorpora Mn, el contenido se encuentra preferiblemente en el intervalo de 0,01 a 5,0%, más preferiblemente 0,3 a 3,0%, aún más preferiblemente 0,5 a 1,5%.

P: 0,03% o menos

- 15 P está contenido como impureza en una alta aleación, pero si el contenido excede 0,03%, se puede incrementar la susceptibilidad al agrietamiento de corrosión por tensión en un entorno de sulfuro de hidrógeno. Por esta razón, el contenido de P es preferiblemente 0,03% o menos, más preferiblemente 0,025% o menos.

S: 0,03% o menos

- 20 S está contenido como impureza en una alta aleación similar a P descrito con anterioridad, pero si el contenido excede 0,03%, la manejabilidad en caliente se puede reducir de manera significativa. Por esta razón, el contenido de S es preferiblemente 0,03% o menos, más preferiblemente 0,005% o menos.

Cu: 0,01 a 4,0%

- 25 Cu es un elemento que tiene una función de mejorar de manera significativa la resistencia a la corrosión de sulfuro de hidrógeno en un entorno de sulfuro de hidrógeno. Por lo tanto, Cu se incorpora preferiblemente en una cantidad de 0,01% o más. Sin embargo, si el contenido excede 4,0%, el efecto anterior se satura, y por el contrario, la manejabilidad en caliente se puede reducir en forma opcional. Por esta razón, el contenido de Cu se encuentra preferiblemente en el intervalo de 0,01 a 4,0%. El contenido de Cu se encuentra más preferiblemente en el intervalo de 0,2 a 3,5%.

Al: 0,001 a 0,30%

- 30 Al es un elemento eficaz como desoxidante de una alta aleación. Al se incorpora preferiblemente en una cantidad de 0,001% o más para la inmovilización de oxígeno en una alta aleación de modo que no se puedan producir los óxidos de Si o Mn nocivos para la manejabilidad en caliente. Sin embargo, si el contenido excede 0,30%, la manejabilidad en caliente se puede reducir en forma opcional. Por esta razón, el contenido de Al se encuentra preferiblemente en el intervalo de 0,001 a 0,30%. El contenido de Al se encuentra más preferiblemente en el intervalo de 0,01 a 0,20%.

- 35 N: 0,005 a 0,50%

- 40 N es un elemento de refuerzo de solución sólida de una alta aleación, y contribuye no sólo al aumento de la resistencia, sino también a la mejora de la dureza por medio de la supresión de la formación de compuestos intermetálicos tales como fase sigma ( $\sigma$ ). Por esta razón, N se incorpora preferiblemente en una cantidad de 0,005% o más. Además, se puede obtener un tubo de alta aleación que tiene una resistencia mayor después del tratamiento térmico de solución sólida por medio de la incorporación en forma positiva de N. Sin embargo, si el contenido excede 0,50%, no sólo se reduce la manejabilidad en caliente, sino que es probable que se generen agujeritos cerca de la superficie de la aleación durante la solidificación después de la fusión. En adición, la resistencia a las picaduras puede deteriorarse. Por esta razón, el contenido de N se encuentra preferiblemente en el intervalo de 0,005 a 0,50%. El contenido de N se encuentra más preferiblemente en el intervalo de 0,06 a 0,30%, aún más preferiblemente en el intervalo de 0,06 a 0,22%. Nótese eso cuando se desee una resistencia mayor, el límite inferior del contenido de N es preferiblemente 0,16%.

Uno o más seleccionados de Ca: 0,01% o menos, Mg: 0,01% o menos, y metales de tierras raras: 0,2% o menos.

- 50 Estos elementos de la composición se pueden incorporar en forma opcional en la alta aleación, y cuando se incorporan, se puede lograr el efecto de mejorar la manejabilidad en caliente. Sin embargo, si el contenido de cada uno de Ca y Mg excede 0,01%, se formarán óxidos gruesos, y si el contenido de metales de tierras raras excede 0,2%, se formarán óxidos gruesos, lo que de ese modo provoca la reducción de la manejabilidad en caliente. Por esta razón, el contenido de cada uno de Ca y Mg es preferiblemente 0,01% o menos, y el contenido de metales de

tierras raras es preferiblemente 0,2% o menos.

Con el fin de obtener de manera segura el efecto de mejora en la manejabilidad en caliente por medio de la incorporación de estos elementos, Ca y Mg se incorporan cada uno preferiblemente en una cantidad de 0,0005% o más, y metales de tierras raras se incorporan preferiblemente en una cantidad de 0,001% o más.

5 El tubo de alta aleación de la presente invención es un tubo hecho de una alta aleación que contiene los elementos esenciales de acuerdo con lo descrito con anterioridad y en forma opcional además contiene elementos opcionales, el equilibrio es Fe e impurezas. Este tubo se puede producir por medio de las instalaciones de producción y los procesos de producción utilizados comúnmente en la industria. Por ejemplo, para la fusión de la alta aleación, se puede utilizar un horno eléctrico, un horno de descarburación de soplado inferior de gas mezclado con argón-oxígeno (horno de AOD), un horno de descarburación al vacío (horno de VOD) o similar.

10 El metal fundido obtenido por fusión se puede colar en lingotes por medio de un proceso de fabricación de lingotes seguido por laminación en palanquillas, o se puede colar en forma de varilla, una cadena de palanquilla por medio de un proceso de colada continuo. Estas palanquillas se pueden utilizar como material de partida para producir un tubo sin soldadura de alta aleación por medio de un proceso de fabricación de tubos por extrusión tal como el proceso de Ugine-Sejourmet. Luego, el tubo extruido obtenido por medio de extrusión en caliente se puede someter a tratamiento térmico por solución seguido de trabajo en frío tal como laminación en frío y estirado en frío.

### Ejemplos

20 Con el fin de confirmar el efecto del proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación de acuerdo con la presente invención, se llevaron a cabo las pruebas de extrusión en caliente que se describen a continuación y se evaluaron los resultados.

Para las pruebas se utilizaron cuatro tipos de altas aleaciones que tienen los componentes principales y la composición que se muestran en la siguiente enumeración (a) a (d).

(a) Ni: 31%, Cr: 25%, Mo: 2,9%, W: 0,1%, Mo + 0,5W = 2,95%

(b) Ni: 50%, Cr: 24%, Mo: 6,4%, W: 0,1%, Mo + 0,5W = 6,45%

25 (c) Ni: 51%, Cr: 22%, Mo: 10,7%, W: 0,7%, Mo + 0,5W = 11,05%

(d) Ni: 50%, Cr: 25%, Mo: 0,4%, W: 0%, Mo + 0,5W = 0,4%

Aquí, el contenido de otros elementos fue el siguiente: C: 0,04% o menos, Si: 1,0% o menos, Mn: 0,01 a 5,0%, P: 0,03% o menos, S: 0,03% o menos, Cu: 0,01 a 4,0%, Al: 0,001 a 0,30%, y N: 0,005 a 0,50%.

30 Se utilizó la alta aleación que tiene la composición química anterior para producir palanquillas que tienen cada un diámetro exterior promedio de 213 a 330 mm y un espesor de la pared promedio de 50 a 110 mm, que se calentó a 1130 a 1270°C. Luego, se sometieron las palanquillas a pruebas de extrusión que se ejecutaron en una proporción de extrusión de 3 a 10 y una velocidad de extrusión de 110 a 170 mm/s.

(Ejemplo 1)

35 Las pruebas de extrusión se llevaron a cabo por el uso de la alta aleación que tiene los componentes principales mostrados en lo anterior en (a). Se inspeccionaron los tubos extruidos obtenidos en sus superficies interiores para la ocurrencia de agrietamiento por fusión por medio de pruebas de ultrasonidos y observación visual que se especifican en JIS G0582. Las condiciones de prueba que incluyen la palanquilla temperatura de calentamiento y los resultados de la evaluación de agrietamiento por fusión se muestran en la Tabla 2.

[Tabla 2]

Tabla 2

Número de prueba	Temperatura de calentamiento de la palanquilla (°C)	Diámetro exterior promedio de la palanquilla (mm)	Espesor de la pared promedio de la palanquilla (mm)	Área de sección transversal de la palanquilla (mm <sup>2</sup> )	Proporción de extrusión (-)	Velocidad de extrusión (mm/s)	Temperatura calculada (°C)	Conformidad	Evaluación de agrietamiento por fusión
A1	1130	213	50	25591	9,5	120	1283,6	Adecuada	O
A2	1130	213	55	27287	10	150	1277,0	Adecuada	O
A3	1130	257,5	70	41213	5	130	1266,5	Adecuada	O
A4	1130	257,5	80	44588	6	170	1255,8	Adecuada	O
A5	1130	295,5	70	49565	4	110	1259,0	Adecuada	O
A6	1130	295,5	80	54134	5	140	1248,1	Adecuada	O
A7	1130	330	65	54087	5	120	1250,7	Adecuada	O
A8	1130	330	70	57148	6	140	1243,0	Adecuada	O
A9	1150	213	50	25591	8	110	1286,5	Adecuada	O
A10	1150	213	55	27287	10	130	1279,6	Adecuada	O
A11	1150	257,5	60	37209	6	130	1270,7	Adecuada	O
A12	1150	257,5	70	41213	6	140	1264,1	Adecuada	O
A13	1150	295,5	60	44368	5	110	1264,9	Adecuada	O
A14	1150	295,5	70	49565	6	130	1254,4	Adecuada	O
A15	1150	330	70	57148	6	120	1245,6	Adecuada	O
A16	1150	330	70	57148	6	150	1241,7	Adecuada	O
A17	1180	213	50	25591	9,5	120	1283,6	Adecuada	O
A18	1180	213	55	27287	10	150	1277,0	Adecuada	O
A19	1180	257,5	70	41213	5	130	1266,5	Adecuada	O
A20	1180	257,5	80	44588	6	170	1255,8	Adecuada	O

Tabla 2 – Continuación

Número de prueba	Temperatura de calentamiento de la palanquilla (°C)	Diámetro exterior promedio de la palanquilla (mm)	Espesor de la pared promedio de la palanquilla (mm)	Área de sección transversal de la palanquilla (mm <sup>2</sup> )	Proporción de extrusión (-)	Velocidad de extrusión (mm/s)	Temperatura calculada (°C)	Conformidad	Evaluación de agrietamiento por fusión
A21	1180	295,5	70	49565	5	110	1258,0	Adecuada	O
A22	1180	295,5	80	54134	6	130	1248,3	Adecuada	O
A23	1180	330	65	54087	6	120	1249,7	Adecuada	O
A24	1180	330	70	57148	6	150	1241,7	Adecuada	O
A25	1210	213	50	25591	8	120	1285,2	Adecuada	O
A26	1210	213	55	27287	10	120	1280,9	Adecuada	O
A27	1210	257,5	60	37209	6	120	1272,0	Adecuada	O
A28	1210	257,5	70	41213	6	120	1266,7	Adecuada	O
A29	1210	295,5	60	44368	4	120	1264,6	Adecuada	O
A30	1210	295,5	70	49565	5	120	1256,7	Adecuada	O
A31	1210	330	70	57148	5	120	1246,7	Adecuada	O
A32	1210	330	70	57148	6	120	1245,6	Adecuada	O
A33	1230	213	50	25591	6	120	1287,3	Adecuada	O
A34	1230	213	55	27287	8	140	1280,4	Adecuada	O
A35	1230	257,5	70	41213	9	120	1263,5	Adecuada	O
A36	1230	257,5	80	44588	6	140	1259,6	Adecuada	O
A37	1230	295,5	70	49565	5	120	1256,7	Adecuada	O
A38	1230	295,5	80	54134	6	140	1247,0	Adecuada	O
A39	1230	330	65	54087	6	120	1249,7	Adecuada	O
A40	1230	330	70	57148	5	140	1244,1	Adecuada	O

Tabla 2 – Continuación

Número de prueba	Temperatura de calentamiento de la palanquilla (°C)	Diámetro exterior promedio de la palanquilla (mm)	Espesor de la pared promedio de la palanquilla (mm)	Área de sección transversal de la palanquilla (mm <sup>2</sup> )	Proporción de extrusión (-)	Velocidad de extrusión (mm/s)	Temperatura calculada (°C)	Conformidad	Evaluación de agrietamiento por fusión
A41	1250	213	50	25591	6	110	1288,6	Adecuada	O
A42	1250	213	55	27287	9,5	130	1280,1	Adecuada	O
A43	1250	257,5	60	37209	10	110	1269,0	Adecuada	O
A44	1250	257,5	70	41213	5	130	1266,5	Adecuada	O
A45	1250	295,5	60	44368	6	110	1263,8	Adecuada	O
A46	1250	295,5	70	49565	4	130	1256,5	Adecuada	O
A47	1250	330	70	57148	5	110	1248,0	Inadecuada	x
A48	1250	330	70	57148	5	130	1245,4	Inadecuada	x
A49	1270	213	50	25591	6	120	1287,3	Adecuada	O
A50	1270	213	50	25591	9,5	120	1283,6	Adecuada	O
A51	1270	257,5	70	41213	5	120	1267,7	Inadecuada	x
A52	1270	295,5	70	49565	6	120	1255,6	Inadecuada	x
A53	1270	330	65	54087	5	120	1250,7	Inadecuada	x

5 En la Tabla 2, la "temperatura calculada" se refiere al valor del lado derecho calculado de cualquiera de las fórmulas (1) a (3) anteriores, es decir, el límite superior de la temperatura de calentamiento de un material de partida a extruirse. Además, "Adecuada" en la columna de conformidad significa que se satisface la relación de cualquiera de las fórmulas (1) a (3), e "Inadecuada" significa que no se satisface la relación de cualquiera de las fórmulas (1) a (3).

10 El "O" en la columna de evaluación de agrietamiento por fusión significa que no se observaron los defectos de la superficie interna (defectos de soldadura) resultantes del agrietamiento de fusión por borde de grano en las superficies internas de los tubos extruidos, y la "x" significa que se observaron los defectos de la superficie interna resultantes del agrietamiento de fusión por borde de grano. Aquí, la observación de los defectos de la superficie interna anteriores se llevó a cabo por medio de un método de investigación de la presencia o ausencia de los defectos de la superficie interna para cada tubo extruido.

15 Los números de prueba A1 a A46, A49, y A50 son las pruebas para los Ejemplos inventivos de la presente invención en las que se satisfacen los requisitos especificados en la presente invención, y los números de prueba A47, A48, y A51 a A53 son las pruebas para los Ejemplos comparativos en las que no se satisfacen los requisitos especificados en la presente invención.

Para los números de prueba A1 a A46, A49, y A50 que son los Ejemplos inventivos de la presente invención, no se produjo el agrietamiento por fusión y se obtuvieron buenas calidades de superficie interna del tubo, pero se produjo el agrietamiento por fusión en los números de prueba A47, A48, y A51 a A53 que son los Ejemplos comparativos.

(Ejemplo 2)

20 Las pruebas de extrusión se llevaron a cabo por el uso de la alta aleación que tiene los componentes principales mostrados en lo anterior en (b). Se inspeccionaron los tubos extruidos obtenidos en sus superficies interiores para la ocurrencia de agrietamiento por fusión. Las condiciones de prueba y los resultados de la evaluación de agrietamiento por fusión se muestran en la Tabla 3.

[Tabla 3]

Tabla 3

Número de prueba	Temperatura de calentamiento de la palanquilla (°C)	Diámetro exterior promedio de la palanquilla (mm)	Espesor de la pared promedio de la palanquilla (mm)	Área de sección transversal de la palanquilla (mm <sup>2</sup> )	Proporción de extrusión (-)	Velocidad de extrusión (mm/s)	Temperatura calculada (°C)	Conformidad	Evaluación de agrietamiento por fusión
B1	1150	213	70	31431	3	110	1257,1	Adecuada	O
B2	1150	257,5	80	44588	4	130	1236,0	Adecuada	O
B3	1150	295,5	100	61387	4	130	1213,8	Adecuada	O
B4	1150	330	70	57148	6	150	1214,7	Adecuada	O
B5	1180	213	70	31431	3	150	1251,9	Adecuada	O
B6	1180	257,5	80	44588	4	130	1236,0	Adecuada	O
B7	1180	295,5	100	61387	4	130	1213,8	Adecuada	O
B8	1180	330	70	57148	6	150	1214,7	Adecuada	O
B9	1210	213	70	31431	3	120	1255,8	Adecuada	O
B10	1210	257,5	80	44588	4	120	1237,3	Adecuada	O
B11	1210	295,5	100	61387	4	120	1215,1	Adecuada	O
B12	1210	330	70	57148	6	120	1218,6	Adecuada	O
B13	1230	213	70	31431	3	120	1255,8	Adecuada	O
B14	1230	213	80	33410	3,5	140	1250,1	Adecuada	O
B15	1230	257,5	80	44588	4	120	1237,3	Adecuada	O
B16	1230	257,5	80	44588	4	140	1234,8	Adecuada	O
B17	1230	295,5	100	61387	4	120	1215,1	Inadecuada	x
B18	1230	295,5	110	64072	4	140	1209,0	Inadecuada	x
B19	1230	330	80	62800	6	120	1211,1	Inadecuada	x
B20	1230	330	70	57148	5	140	1217,1	Inadecuada	x

Tabla 3 – Continuación

Número de prueba	Temperatura de calentamiento de la palanquilla (°C)	Diámetro exterior promedio de la palanquilla (mm)	Espesor de la pared promedio de la palanquilla (mm)	Área de sección transversal de la palanquilla (mm <sup>2</sup> )	Proporción de extrusión (-)	Velocidad de extrusión (mm/s)	Temperatura calculada (°C)	Conformidad	Evaluación de agrietamiento por fusión
B21	1250	213	50	25591	6	110	1261,6	Adecuada	O
B22	1250	213	55	27287	9,5	130	1253,1	Adecuada	O
B23	1250	257,5	60	37209	10	110	1242,0	Inadecuada	x
B24	1250	257,5	70	41213	5	130	1239,5	Inadecuada	x
B25	1250	295,5	60	44368	6	110	1236,8	Inadecuada	x
B26	1250	295,5	70	49565	4	130	1229,5	Inadecuada	x
B27	1250	330	70	57148	5	110	1221,0	Inadecuada	x
B28	1250	330	70	57148	5	130	1218,4	Inadecuada	x
B29	1270	213	50	25591	6	120	1260,3	Inadecuada	x
B30	1270	257,5	70	41213	5	120	1240,7	Inadecuada	x
B31	1270	295,5	70	49565	6	120	1228,6	Inadecuada	x
B32	1270	330	65	54087	5	120	1223,7	Inadecuada	x



Los números de prueba B1 a B16, B21, y B22 son las pruebas para los Ejemplos inventivos de la presente invención en las que se satisfacen los requisitos especificados en la presente invención, y los números de prueba B17 a B20 y B23 a B32 son las pruebas para los Ejemplos comparativos en las que no se satisfacen los requisitos especificados en la presente invención.

- 5 Para los números de prueba B1 a B16, B21, y B22 que son Ejemplos inventivos de la presente invención, no se produjo el agrietamiento por fusión y se obtuvieron buenas calidades de superficie interna del tubo, pero se produjo el agrietamiento por fusión en los números de prueba B17 a B20 y B23 a B32 que son los Ejemplos comparativos.

(Ejemplo 3)

- 10 Las pruebas de extrusión se llevaron a cabo por el uso de la alta aleación que tiene los componentes principales mostrados en lo anterior en (c). Se inspeccionaron los tubos extruidos obtenidos en sus superficies interiores para la ocurrencia de agrietamiento por fusión. Las condiciones de prueba y los resultados de la evaluación de agrietamiento por fusión se muestran en la Tabla 4.

[Tabla 4]

Tabla 4

Número de prueba	Temperatura de calentamiento de la palanquilla (°C)	Diámetro exterior promedio de la palanquilla (mm)	Espesor de la pared promedio de la palanquilla (mm)	Área de sección transversal de la palanquilla (mm <sup>2</sup> )	Proporción de extrusión (-)	Velocidad de extrusión (mm/s)	Temperatura calculada (°C)	Conformidad	Evaluación de agrietamiento por fusión
C1	1150	213	70	31431	3	110	1230,1	Adecuada	O
C2	1150	257,5	80	44588	4	130	1209,0	Adecuada	O
C3	1150	295,5	100	61387	4	130	1186,8	Adecuada	O
C4	1150	330	70	57145	6	150	1187,7	Adecuada	O
C5	1180	213	70	31431	3	150	1224,9	Adecuada	O
C6	1180	257,5	80	44585	4	130	1209,0	Adecuada	O
C7	1180	295,5	100	61387	4	130	1186,8	Adecuada	O
C8	1180	330	70	57148	6	150	1187,7	Adecuada	O
C9	1210	213	70	31431	3	120	1228,8	Adecuada	O
C10	1210	257,5	80	44588	4	120	1210,3	Adecuada	O
C11	1210	295,5	100	61387	4	120	1188,1	Inadecuada	x
C12	1210	330	70	57148	6	120	1191,6	Inadecuada	x
C13	1230	213	80	33410	3,5	140	1223,1	Inadecuada	x
C14	1230	257,5	80	44588	4	140	1207,8	Inadecuada	x
C15	1230	295,5	110	64072	4	140	1182,0	Inadecuada	x
C16	1230	330	70	57148	5	140	1190,1	Inadecuada	x
C17	1250	213	50	25591	6	110	1234,6	Inadecuada	x
C18	1250	257,5	70	41213	5	130	1212,5	Inadecuada	x
C19	1250	295,5	70	49565	4	130	1202,5	Inadecuada	x
C20	1250	330	70	57148	5	130	1191,4	Inadecuada	x
C21	1270	213	50	25591	6	120	1233,3	Inadecuada	x
C22	1270	257,5	70	41213	5	120	1213,7	Inadecuada	x
C23	1270	295,5	70	49565	6	120	1201,6	Inadecuada	x
C24	1270	330	65	54087	5	120	1196,7	Inadecuada	x

Los números de prueba C1 a C10 son las pruebas para los Ejemplos inventivos de la presente invención en las que se satisfacen los requisitos especificados en la presente invención, y los números de prueba C11 a C24 son las pruebas para los Ejemplos comparativos en las que no se satisfacen los requisitos especificados en la presente invención.

- 5 Para los números de prueba C1 a C10 que son Ejemplos inventivos de la presente invención, no se produjo el agrietamiento por fusión y se obtuvieron buenas calidades de superficie interna del tubo, pero se produjo el agrietamiento por fusión en los números de prueba C11 a C24 que son los Ejemplos comparativos.

(Ejemplo 4)

- 10 Las pruebas de extrusión se llevaron a cabo por el uso de la alta aleación que tiene los componentes principales mostrados en lo anterior en (d). Se inspeccionaron los tubos extruidos obtenidos en sus superficies interiores para la ocurrencia de agrietamiento por fusión. Las condiciones de prueba y los resultados de la evaluación de agrietamiento por fusión se muestran en la Tabla 5.

[Tabla 5]

Tabla 5

Número de prueba	Temperatura de calentamiento de la palanquilla (°C)	Diámetro exterior promedio de la palanquilla (mm)	Espesor de la pared promedio de la palanquilla (mm)	Area de sección transversal de la palanquilla (mm <sup>2</sup> )	Proporción de extrusión (-)	Velocidad de extrusión (mm/s)	Temperatura calculada (°C)	Conformidad	Evaluación de agrietamiento por fusión
D1	1180	330	65	54087	5,5	120	1250,2	Adecuada	O
D2	1190	330	65	54087	6	120	1249,7	Adecuada	O
D3	1200	330	65	54087	6,5	120	1249,1	Adecuada	O

Los números de prueba D1 a D3 son las pruebas para los Ejemplos inventivos de la presente invención en las que se satisfacen los requisitos especificados en la presente invención. En cada una de estas pruebas, no se produjo el agrietamiento por fusión y se obtuvieron buenas calidades de superficie interna del tubo.

**Aplicabilidad industrial**

- 5 De acuerdo con el proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación de la presente invención, un material de partida a extruirse hecho de una alta aleación que tiene una alta resistencia a la deformación se calienta a una temperatura predeterminada de acuerdo con los contenidos de Mo y W y se somete a un proceso de extrusión, la temperatura de calentamiento satisface las condiciones de temperatura de calentamiento determinadas por el área de sección transversal del material de partida a extruirse, la velocidad de extrusión, y la proporción de extrusión. Como resultado, es posible evitar la ocurrencia de defectos de soldadura en la superficie periférica interior del tubo resultantes de agrietamiento de fusión por borde de grano. Por lo tanto, el proceso de la presente invención es una técnica alta y prácticamente valiosa en la que un tubo sin soldadura de alta aleación excelente en la calidad de superficie interna del tubo se puede producir por medio de un proceso de extrusión en caliente, y que se puede aplicar de manera amplia en la producción en caliente de un tubo sin soldadura.

15 **Lista de signos de referencia**

- 1: Lubricante de disco de vidrio
- 2: Matriz
- 3: Mandril
- 4: Portamatrices
- 20 5: Soporte de la matriz
- 6: Recipiente
- 7: Bloque de reposo
- 8: Palanquilla hueca (palanquilla)

## REIVINDICACIONES

1. Un proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación, que está caracterizado por que:

un material de partida a extruirse hecho de una alta aleación que comprende, en % en masa, Cr: 20 a 30% y Ni: más de 22% y 60% o menos se calienta a una temperatura predeterminada de acuerdo con los contenidos de Mo y W y se somete a un proceso de extrusión en caliente, la temperatura de calentamiento (T) satisface una relación de la Fórmula (1), (2), o (3) como a continuación, que se expresa en términos del área de sección transversal promedio (A) del material de partida a extruirse, la proporción de extrusión (EL), y la velocidad de extrusión (V):

cuando  $0\% \leq Mo + 0,5W < 4\%$ ,

$$T \leq 1343 - 0,001322 \times A - 1,059 \times EL - 0,129 \times V \dots (1);$$

cuando  $4\% \leq Mo + 0,5W < 7\%$ ,

$$T \leq 1316 - 0,001322 \times A - 1,059 \times EL - 0,129 \times V \dots (2); \text{ y}$$

cuando  $7\% \leq Mo + 0,5W$ ,

$$T \leq 1289 - 0,001322 \times A - 1,059 \times EL - 0,129 \times V \dots (3),$$

en donde A y EL en las Fórmulas (1) a (3) se determinan por las siguientes Fórmulas (4) y (5):

$$A = \pi \times t_0 \times (d_0 \times t_0) \dots (4); \text{ y}$$

$$EL = L_1/L_0 \dots (5),$$

dado que cada símbolo en las Fórmulas (1) a (5) anteriores significa la siguiente cantidad:

Mo: Contenido de Mo en el material de partida a extruirse (% en masa),

W: Contenido de W en el material de partida a extruirse (% en masa),

T: Temperatura de calentamiento del material de partida a extruirse ( $^{\circ}\text{C}$ ),

A: Área de sección transversal promedio del material de partida a extruirse ( $\text{mm}^2$ ),

EL: Proporción de extrusión (-),

V: Velocidad de extrusión ( $\text{mm/s}$ ),

$d_0$ : Diámetro exterior promedio del material de partida a extruirse (mm),

$t_0$ : Espesor de la pared promedio del material de partida a extruirse (mm),

$L_0$ : Longitud del material de partida a extruirse (mm), y

$L_1$ : Longitud del tubo extruido (mm).

2. El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación según la reivindicación 1, caracterizado por que la temperatura de calentamiento del material de partida a extruirse es  $1130^{\circ}\text{C}$  o más.

3. El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la extrusión se lleva a cabo con la condición de que la velocidad de extrusión promedio desde el comienzo de la extrusión hasta la terminación de la misma se encuentre en el intervalo de  $80 \text{ mm/s}$  o más a  $200 \text{ mm/s}$  o menos.

4. El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la proporción de extrusión es 10 o menos.

5. El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la longitud del material de partida a extruirse es  $1,5 \text{ m}$  o menos.

6. El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la temperatura de la superficie externa del material de partida a extruirse es  $1000^{\circ}\text{C}$  o más.

7. El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el material de partida a extruirse comprende, en % en masa, C:  $0,04\%$  o menos, Si:  $1,0\%$  o menos, Mn:  $0,01$  a  $5,0\%$ , P:  $0,03\%$  o menos, S:  $0,03\%$  o menos, Ni: más de  $22\%$  y  $60\%$  o menos, Cr:  $20$  a  $30\%$ , Cu:  $0,01$  a  $4,0\%$ , Al:  $0,001$  a  $0,30\%$ , N:  $0,005$  a  $0,50\%$ , y en forma opcional uno o dos elementos seleccionados de un grupo que consiste en Mo:  $11,5\%$  o menos y:  $20\%$  o menos, el equilibrio es Fe e impurezas.

8. El proceso para producir un tubo sin soldadura de alta aleación según la reivindicación 7, caracterizado por que el material de partida a extruirse contiene, en % en masa, uno o más elementos seleccionados de un grupo que consiste en Ca: 0,01% o menos, Mg: 0,01% o menos, y metales de tierras raras: 0,2% o menos, en lugar de una parte de Fe.

5

FIG. 1

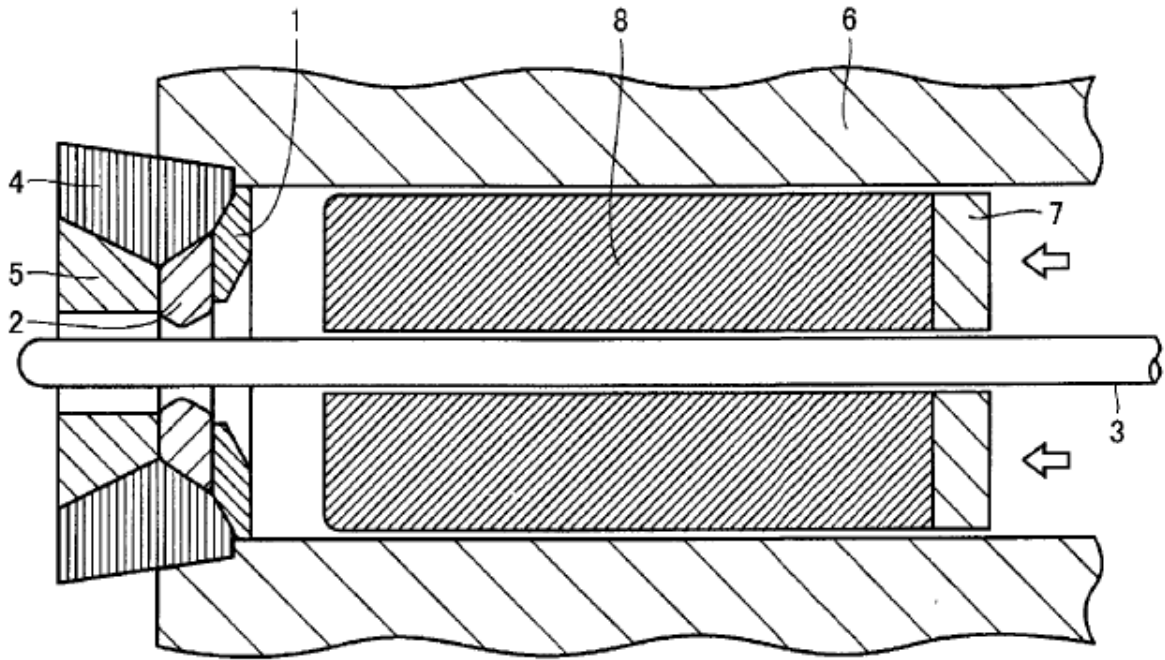


FIG. 2

